





Palat. XLIV 168

LIBRAIRIE MILITAIRE D'ANSELIN,

RUE DAUPHINE, N° 9.

ÉCOLE D'APPLICATION DU CORPS ROYAL D'ÉTAT-MAJOR,

*Instructions à son usage. — Format in-8°.*

INSTRUCTION sur le figuré du terrain, avec planch.	75 c.
— sur les campemens.	1 f. 50 c.
— sur l'inspection générale des troupes. (Rapport de l'inspecteur général.)	60 c.
— sur les cadrans solaires.	60 c.
— sur la balistique.	2 f.
— sur l'esprit des manœuvres d'inf. avec pl., 2° éd.	60 c.
— sur l'artillerie de campagne.	3 f.
— sur le défilement des ouvrages de campagne, avec planch., 2° édit.	2 f. 25 c.
— sur le service du génie en campagne.	1 f. 50 c.
— sur la géographie physique, avec pl.	1 f.
— sur les instrumens à réflexion.	1 f. 25 c.
— sur la reconnaissance des rivières, avec pl.	1 f. 25 c.
— sur les routes, sur les chemins en fer, sur les canaux et les rivières, considérés comme lignes de communications militaires, avec pl.	2 f. 50 c.
— sur la perspective, avec pl.	50 c.
— sur les effets des bouches à feu, et sur les motifs d'après lesquels on a affecté à l'artillerie de campagne les pièces qui font partie de son organisation actuelle.	3 f. 50 c.
Sommaire des matières traitées dans le Cours oral de fortif.	30 c.
Influence des divisions naturelles de la surface du globe sur les divisions politiques.	50 c.
Mémoire sur la poudre et sur ses effets dans les armes à feu, 2 cahiers.	7 f.
Analyse et dissertation relatives à la nouvelle artillerie.	3 f. 50 c.

SAVART. Cours élémentaire de Fortification, à l'usage des élèves de l'Ecole militaire; rédigé d'après les ordres de M. le général Bellavène, inspecteur-général des Ecoles militaires, 2 vol. in-8, brochés en un, avec vingt-une planch. Paris, 1830, troisième édition, revue et augmentée d'un grand nombre de notes.

12 f.

Cours de mathématiques à l'usage des élèves des Ecoles militaires; 1 fort vol. in-8.

7 f. 50 c.

VACHELLE (sous-intendant militaire, professeur d'administration militaire à l'Ecole d'application du Corps royal d'Etat-major). Cours élémentaire d'administration militaire, 2 vol. in-8, 1829.

14 f.

- JOMINI. Vie politique et militaire de Napoléon, racontée par lui-même, imprimée par Didot, 4 vol. in-8, 1827. 30 f.
- JOMINI. Histoire critique et militaire des guerres de la Révolution, précédée d'une introduction présentant le Tableau succinct des mouvemens de la politique européenne, depuis Louis XIV jusqu'à la Révolution, et celui des principales causes et des principaux événemens de cette révolution, 15 vol. in-8, et 4 atlas. 171 f.
- JACQUINOT DE PRESLE, professeur d'Art militaire et d'Histoire. Cours d'Art militaire de l'Ecole royale de Cavalerie de Saumur, 1 vol. in-8, 1829. 8 f.
- Abrégé du même ouvrage, 1 vol. in-8, 1829. 3 f. 50.
- VAUBAN. Traité de l'Attaque des Places, *nouvelle édition*, entièrement conforme au manuscrit présenté par l'auteur au duc de Bourgogne, et augmentée de l'Eloge du maréchal par Fontenelle; publiée avec l'autorisation de Son Exc. le Ministre de la guerre, par M. Augoyat, chef de bataillon du génie, 1829. — Avec la Défense et l'Atlas. 24 f.
- VAUBAN. Traité de la Défense des Places, avec 16 grandes pl., *nouvelle édition*, augmentée des agenda du maréchal sur l'Attaque et la Défense, et de ses notes critiques sur le Discours de Deshoulières relatif à la Défense; publiée avec l'autorisation de Son Exc. le Ministre de la guerre, par le général baron de Valazé, 1829. — Le vol. de l'Attaque et celui de la Défense, et l'Atlas. 24 f.
- VAUBAN. Ses OEuvres militaires, contenant l'Attaque, la Défense des Places, et le Traité des Mines, édition revue, corrigée et augmentée de développemens, etc.; par M. M. F. P. Foissac. Paris, an 3, 3 vol. in-8, 56 pl. 15 f.
- CONVOT. Manuel de législation militaire, en ce qui concerne les droits des Officiers, Sous-officiers et Soldats, 1 vol. in-8 de 530 pages. 6 f.
- CÉSAR. Ses Commentaires, trad. de Wailly, revue et corrigée avec le plus grand soin; accompagnés d'une carte des Gaules, comparative avec les noms anciens et modernes, 2 vol. in-32, 1826, pap. vélin, imprimés par Didot, faisant partie de la *Bibliothèque portative de l'Officier*. 5 f.
- Idem*, reliés. 6 f.
- LABAUME (chef de bataillon au corps royal d'Etat-major). Manuel de l'Officier d'Etat-major, 1 vol. in-8, 1827. 5 f.
- Le but de cet ouvrage a été d'offrir aux militaires, en un seul volume, les leçons de nos grands maîtres dans l'art de la guerre et de la politique, éparses dans des ouvrages trop étendus, et de les appliquer aux mémorables campagnes dont nous avons été les témoins, de sorte que l'exemple, approprié à notre système militaire, marchera toujours immédiatement après le précepte.

536077

# INSTRUCTION

SUR

# LE DÉFILEMENT

DES

OUVRAGES DE CAMPAGNE,

A L'USAGE

DE L'ÉCOLE D'APPLICATION

DU CORPS ROYAL D'ÉTAT-MAJOR.

DEUXIÈME ÉDITION.



A PARIS,

CHEZ ANSELIN, SUCCESEUR DE MAGIMEL,

LIBRAIRE POUR L'ART MILITAIRE, RUE DAUPHINE, N° 9.

1830.

IMPRIMERIE DE DEMONVILLE,  
rue Christine, n° 2.

# INSTRUCTION

SUR

## LE DÉFILEMENT.

---

CETTE INSTRUCTION est divisée en trois parties, savoir :

*Première partie.* Propositions préliminaires.

*Deuxième partie.* Théorie du défilement.

*Troisième partie.* Pratique du défilement sur le terrain.

---

### PREMIÈRE PARTIE.

#### *Propositions préliminaires.*

##### §. 1<sup>er</sup>.

#### *Méthode de Projection adoptée en fortification.*

1. On ne se sert, dans les opérations graphiques relatives au défilement des fortifications, que de la projection horizontale; on supplée à la projection verticale par des cotes de hauteur rapportées à un plan horizontal, que l'on nomme *plan*

*général de comparaison.* Ce plan est supposé passer à 10 ou 100 mètres environ au-dessus du point le plus élevé du terrain.

Le plan général de comparaison passant au-dessus de tous les plans particuliers qui correspondent aux différentes stations, tout le calcul des cotes de nivellement se trouve réduit à des additions. Lorsqu'il passe, au contraire, par le point le plus bas du terrain, par exemple, au niveau de la mer, ou à celui des basses eaux des rivières, ce calcul exigeant des soustractions, est d'une exécution moins prompte et moins facile.

Dans les plans de fortification, un point est déterminé par sa projection horizontale, et par sa cote de hauteur rapportée au plan général de comparaison.

Une droite est donnée par les projections cotées de deux de ses points. Il est évident que ces éléments suffisent pour que l'on puisse conclure, la cote d'un point quelconque de la droite, de la projection de ce point; et, réciproquement, déterminer sur la projection de la droite, la projection d'un point dont la cote est donnée; ce qu'on fait, lorsqu'on veut graduer la projection de la droite.

On pourra aussi déterminer l'angle de la droite avec le plan horizontal, ainsi que la longueur d'une partie de cette ligne comprise entre deux points donnés.



2. On a vu dans l'*Instruction* (1) sur le *figuré du terrain*, qu'une surface était déterminée par les projections cotées des courbes horizontales qu'on y supposait tracées, et qu'elle pouvait l'être aussi par les projections des courbes de plus grande pente, lorsqu'on connaissait la section de cette surface par un plan vertical donné de position, ou les cotes de hauteur, qui correspondent aux différens points de la projection horizontale d'une des courbes de plus grande pente.

La méthode qui est employée depuis long-temps en fortification pour les points appartenant à une surface plane, est un cas particulier de celle qui vient d'être indiquée. Toutes les lignes de plus grande pente d'un plan, et par conséquent leurs projections sont des droites parallèles entre elles. Les trajectoires normales à ces projections, deviennent des lignes perpendiculaires à la commune direction des projections des lignes de plus grande pente. Ainsi, la projection de l'une de ces lignes étant cotée, on obtiendra la cote de hauteur d'un point quelconque du plan auquel cette ligne appartient, en menant, par la projection de ce point, une perpendiculaire à la droite cotée, et en cherchant la cote du point à l'intersection de ces lignes rectangulaires. La projection cotée de la ligne de plus grande pente d'un plan, se nomme

---

(1) *Instruction sur le figuré du terrain*, à l'usage de l'Ecole d'application du corps royal d'état-major, page 8.

*échelle de pente* ; on divise cette échelle en parties égales , et telles , par conséquent , qu'il y ait toujours une même différence de hauteur entre les points correspondans à leurs extrémités. Cette différence est ordinairement supposée d'un mètre ; les divisions de l'échelle se déterminent en raison de cette hypothèse ; elles se sous-divisent en dix parties , si l'on veut obtenir des cotes de hauteur à un décimètre près.

Soit donc AB, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 1<sup>re</sup>, l'échelle de pente d'un plan ; soient les nombres 20, 21, 22, etc. , les cotes de hauteur des points de division de l'échelle ; N étant la projection horizontale d'un point appartenant au plan , on trouvera la cote de ce point en menant la ligne NP perpendiculaire à AB ; la cote du point N est celle du point P où cette perpendiculaire rencontre l'échelle. Ordinairement on a sur le plan la projection CD d'une horizontale , et on lui mène des parallèles.

Il est évident que la projection cotée d'une droite quelconque, située dans un plan, et autre que sa ligne de plus grande pente, suffit avec la projection d'une horizontale pour déterminer ce plan. Elle peut tenir lieu de la projection de la ligne de plus grande pente, dont on la distingue en l'appelant *échelle de pente oblique*. On emploie une semblable échelle, lorsque le plan sur lequel on opère est presque vertical ; dans ce cas les divisions sur l'échelle ordinaire seraient trop rapprochées.

Il est facile de voir, fig. 2, que les traces horizontales, et, par conséquent, les échelles de plus grande pente de deux plans parallèles, doivent être parallèles entre elles; que les divisions de ces échelles sont les mêmes, et que les cotes seules diffèrent d'une quantité égale à la différence qui existe entre les hauteurs des points suivant lesquels une même verticale rencontre les deux plans.

3. On représente la surface du terrain, dans les dessins de fortification, par les projections de courbes horizontales déterminées sur le terrain et levées exactement. On y trace aussi les projections des horizontales suivant lesquelles les plans de ces courbes coupent les plongées, talus, rampes, glacis, etc. Cette manière de représenter les surfaces, qui terminent les masses couvrantes de la fortification, permet de reconnaître aisément si elles remplissent les conditions auxquelles elles sont assujéties. L'équidistance des plans horizontaux qu'on emploie est variable; elle peut être de 5 mètres, de 2 mètres, de 1 mètre, de 0<sup>m</sup>,50 seulement. La surface du terrain comprise entre deux courbes horizontales consécutives est alors considérée comme une surface gauche, dont les directrices sont ces courbes horizontales, et dont les génératrices sont les lignes de plus grande pente correspondantes. Pour avoir la cote d'un point situé entre deux courbes horizontales, il faut tracer par ce point

la ligne de plus grande pente du terrain, et la graduer. Cette ligne est une droite normale aux courbes, ou se compose d'un système de droites qui remplissent cette condition. Dans certaines évaluations de déblais et de remblais, on partage la surface du terrain en parties qu'on peut regarder comme planes et dont on détermine les échelles de pente.

*Observation.* Quoiqu'une seule projection suffise rigoureusement pour résoudre tous les problèmes de défilement, on ne renonce pas aux profils qui présentent, d'une manière sensible, le relief de la fortification, et sont fort utiles dans la solution de quelques problèmes.

## §. II.

### *Problèmes.*

4. *Premier problème.* Etant données les projections cotées de trois points, trouver l'échelle de pente du plan passant par ces trois points.

Soient A, B, C, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 3; ces projections, cotées 15, 18, 19; AB sera la projection de la ligne passant par les points projetés en A et B, BC celle de la ligne qui joint les points projetés en B et C.

Après avoir gradué (n° 1) chacune de ces projections, on mène une ligne MN passant par les points M et N, projections de deux points d'égale hauteur. Cette ligne est la projection d'une hori-

zontale du plan, la droite PRQ, qui lui est perpendiculaire, détermine la direction de l'échelle du plan. La hauteur du point projeté en R est connue, la cote du point S, intersection de la perpendiculaire menée par le point C et de la droite PRQ, est déterminée aussi. On peut donc coter cette droite et obtenir l'échelle de pente.

5. *Deuxième problème.* Etant données, fig. 4, les échelles de pente AA' et BB' de deux plans, trouver la projection de l'intersection de ces plans.

Prenons, sur la première échelle, deux points M et M', dont les cotes sont déterminées. Imaginons, par ces points, deux perpendiculaires MP, M' P' à l'échelle de pente, ces lignes seront les projections d'horizontales du plan. Cherchons, sur la seconde échelle, deux points N et N', ayant les mêmes cotes que M et M'. Les perpendiculaires NR et N' R', à la droite BB', sont les projections d'horizontales dont la hauteur est la même que celle des horizontales projetées en PM et P' M'. Donc les points Q et Q', intersections de PM et de NR, de P' M' et de N' R', appartiendront à la projection de l'intersection des deux plans. Donc la ligne QQ' est cette projection.

On fait un fréquent usage de la solution qui précède, pour déterminer les projections des arêtes, intersections des talus.

Si les échelles de pente étaient parallèles, les plans se couperaient suivant une horizontale, dont il

suffirait de déterminer un point; à cet effet, on concevrait un troisième plan dont l'échelle de pente n'eût pas parallèle à celles des premiers; on construirait les projections de ses intersections avec chacun de ceux-ci; et le point de rencontre de ces projections serait le point cherché.

Si l'un des plans était vertical, sa trace serait la projection de l'intersection. Ce cas a lieu dans la construction des profils. *Voy. sixième problème.*

6. *Troisième problème.* Etant donnée l'échelle de pente d'un plan, trouver la projection de l'intersection de ce plan, et d'une surface dont la forme est déterminée par les projections cotées de ses courbes horizontales.

Soient AB, fig. 5, l'échelle de pente du plan,  $XX' X''$ ,  $YY' Y''$ ,  $ZZ' Z''$ , etc., les projections cotées des courbes horizontales de la surface. On cherche, sur l'échelle de pente, un point dont la cote est la même que celle de l'une des courbes  $XX' X''$ , pl. 1<sup>re</sup>; par exemple, soit P ce point, la perpendiculaire PR, à l'échelle de pente, sera la projection de l'horizontale du plan, menée par le point projeté en P. Or, cette horizontale est comprise dans le même plan que la courbe projetée en  $XX' X''$ ; donc les points S et T, intersections de la droite PR, et de la courbe  $XX' X''$ , appartiendront à la projection de la section de la surface par le plan. On peut déterminer ainsi autant de points de cette projection qu'il y a de courbes tracées.

7. *Quatrième problème.* Trouver la projection du point d'intersection d'un plan et d'une ligne droite.

Pour résoudre cette question, on considère la projection de la droite donnée comme l'échelle de pente ordinaire ou oblique d'un plan, et l'on cherche la projection de l'intersection de ce plan et du plan donné. Le point où cette projection rencontre celle de la droite donnée, est le point demandé.

8. *Cinquième problème.* Trouver la projection de l'horizontale d'un plan assujéti à passer par une droite donnée, et à faire, avec le plan horizontal, un angle déterminé par sa tangente ou par tout autre élément.

On peut mener par une droite deux plans qui fassent le même angle avec le plan horizontal.

Soit AB, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 6, la projection cotée de la droite; soit  $\frac{1}{2}$ , le rayon pris pour unité, la tangente de l'angle que les plans cherchés doivent faire avec le plan horizontal, ou le rapport de la hauteur à la base dans les triangles rectangles qui mesurent l'angle des plans.

On prend sur AB un point quelconque; par exemple, le point M, dont la cote est 20, et on le considère comme le sommet d'un cône à base circulaire, dont les génératrices font, avec le plan horizontal, l'angle donné. Il est évident que les plans cherchés doivent être tangens à ce cône, et que leurs sections, par un plan horizontal, sont des tangentes à l'intersection du même plan

horizontal et de la surface conique. Or, le rapport de la hauteur à la base, dans le triangle rectangle qui mesure l'angle donné, est égal à  $\frac{1}{2}$ . Si donc, du point M, comme centre, et avec une ouverture de compas, MR, égale à deux mètres *pris sur l'échelle du plan*, on décrit un cercle; ce cercle représentera la projection de la base du cône sur un plan horizontal inférieur de trois mètres, au point projeté en M. Cela posé, si, par le point S, pris sur AB, qui, ayant la cote 23, est la projection du point où la droite donnée rencontre le plan de cette base, on mène au cercle décrit les tangentes ST, ST'; ces tangentes seront les projections des horizontales des plans demandés.

Si l'angle du plan donné avec le plan horizontal, devait être moindre que celui que fait la droite donnée avec ce dernier plan, le problème n'aurait pas de solution. Le point par lequel on devrait mener la projection de l'horizontale se trouverait dans l'intérieur du cercle. Dans le cas où l'inclinaison du plan serait la même que celle de la droite, le point S appartiendrait à la circonférence du cercle, et la droite donnée serait la ligne même de plus grande pente; par conséquent, la perpendiculaire à cette droite serait la projection de l'horizontale.

9. *Sixième problème.* Construire la section du terrain par un plan vertical dont la trace est donnée.



Soient 6, 7, 8, etc., pl. 1<sup>re</sup>, fig. 7, les cotes des courbes qui déterminent la surface du terrain; et AB la trace du plan vertical sur le plan général de comparaison. Supposons le plan rabattu autour de cette trace considérée comme charnière. Par les points P, P', P'', intersections de AB, et des projections des courbes horizontales, imaginons les perpendiculaires PR, P' R', etc.; sur ces perpendiculaires portons les cotes 6, 7, 8, etc., des courbes horizontales correspondantes, de P en M, de P' en M', etc.; la ligne qui joindra les points M, M', etc., sera l'intersection cherchée.

Si le plan vertical avait pour trace une droite, telle que AB' son intersection avec chaque zone du terrain comprise entre deux courbes horizontales consécutives ne serait plus une ligne droite: il faudrait en déterminer plusieurs points au moyen de leurs cotes. Voyez n° 3.

On a représenté, sur la même figure, la construction de l'intersection du plan vertical, dont AB est la trace, avec un plan dont l'échelle de pente est donnée. Cette construction consiste à prolonger les projections de deux horizontales quelconques de ce dernier, jusqu'à leur rencontre avec la trace du premier, à élever par les points de rencontre des perpendiculaires à la trace et à porter sur ces perpendiculaires les cotes des horizontales.

*Observation.* Comme les verticales qui donnent

le relief de la fortification sont très-petites, relativement aux dimensions de la projection horizontale des ouvrages, et surtout à celles des courbes qui déterminent la forme du terrain, elles ne seraient pas exprimées avec une exactitude suffisante à l'échelle adoptée pour la projection horizontale. Aussi se sert-on fréquemment de deux échelles, lorsque l'on rabat les points verticaux. Il ne peut en résulter d'erreur, puisque ni les projections horizontales des points projetés en P, P', P'', etc., ni leurs cotes verticales, ne se trouvent changées (1).

10. *Septième problème.* Une certaine étendue de terrain étant représentée par des courbes horizontales, mener, par une droite donnée, un plan qui laisse au-dessous de lui toute la surface du terrain, et qui fasse le plus petit angle possible avec l'horizon.

1<sup>er</sup> CAS. Lorsque la droite donnée est inclinée. Soit AB, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 8, la projection horizontale cotée d'une droite, telle que le point projeté en B, est plus élevé que celui projeté en A.

Supposons que les courbes XX' X'', YY' Y'', sont les projections de deux sections de la surface du terrain par deux plans horizontaux, dont

(1) Au reste, il est facile de voir que si l'on a  $pn = n$  fois  $pm$ ,  $p' n' = n$  fois  $p' m'$ , fig. 7 bis, pl. 1<sup>re</sup>, on aura aussi  $t n' = n$  fois  $t m'$ , et, par conséquent,  $p'' n'' = n$  fois  $p'' m''$ ; ce qui lève toute difficulté.

la distance au plan général de comparaison est déterminée. D'après ce qui a été dit précédemment (n° 1), il sera facile de trouver les projections des points où chacun des plans coupe la droite donnée.

Soient M et N ces deux projections. Par le point projeté en M, j'imagine une tangente à la courbe projetée en  $XX' X''$ ; cette tangente aura pour projection la droite MR. J'imagine de même, par le point projeté en N, une tangente à la courbe projetée en  $YY' Y''$ ; soit NS cette tangente. Pour simplifier la question, je suppose que, par chacun des deux points dont M et N sont les projections, on ne peut mener qu'une tangente à la courbe horizontale qui a la même cote que lui.

Le plan passant par la droite donnée et par une des tangentes, celle qui se projette en MR, par exemple, laisse au-dessous de lui tous les points de la courbe correspondante. En effet, l'échelle de pente de ce plan est une perpendiculaire PQ à la projection horizontale de la tangente. Or, il résulte, de ce que le point projeté en B est plus élevé que le point projeté en A, que les cotes de l'échelle diminuent de P en Q, et que, par conséquent, le plan supposé laisse au-dessous de lui tous les points de la courbe projetée en  $XX' X''$ . Cela aurait lieu *à fortiori* pour tout plan contenant, outre la droite projetée en AB, une horizontale qui passerait par le point projeté en M, et dont la projection MV

ferait, avec AB, un angle plus petit que AMR.

Le même raisonnement pourrait s'appliquer à la détermination d'un plan au-dessous duquel se trouveraient tous les points de la courbe projetée en  $YY'Y''$ .

Or, le plan que détermine la condition de comprendre les lignes projetées en AB et en MR, coupe celui de la courbe horizontale projetée en  $YY'Y''$ , suivant une ligne ayant pour projection la droite NT parallèle à MR. Si, donc, l'angle AMR est plus petit que l'angle ANS, le premier plan laisse au-dessous de lui tous les points des courbes projetées en  $XX'X''$ ,  $YY'Y''$ .

Le nombre des sections horizontales étant plus considérable, on démontrerait de même que le plan assujéti à passer par la ligne projetée en AB, et par celle de toutes les tangentes horizontales dont la projection fait, avec AB, le plus petit angle possible ( du côté opposé à celui vers lequel la droite prolongée rencontre le plan général de comparaison ), passe au-dessus de toutes les sections horizontales, et par conséquent, de la surface dont ces sections déterminent la forme.

Ce plan satisfera, en outre, à la condition de faire, avec l'horizon, le plus petit angle possible. Soit MR, parmi les projections des tangentes, celle qui fait le plus petit angle avec AB, il est facile de voir que le plan mené par cette ligne et par la droite donnée fait, avec le plan horizon-

tal, le plus petit angle possible. En effet, supposons que l'on fasse passer, par cette dernière droite, un plan faisant un angle moindre, la projection de l'horizontale menée dans ce plan par le point projeté en M, serait une ligne MU, telle que l'angle AMU, serait plus grand que l'angle AMR; donc l'horizontale supposée couperait la courbe qui se projette en  $XX' X''$ ; donc le plan aurait, au-dessus de lui, tous les points de cette courbe projetés suivant l'arc ZZ' pl. 1<sup>re</sup>.

11. Le plan qui satisfait aux conditions énoncées (n° 10), est désigné en fortification sous le nom de *plan de site*. On appelle *charnière* ou *ligne de site*, la ligne projetée en AB; *point dominant*, le point de contact de la tangente horizontale dont la projection fait le plus petit angle avec AB. On indique que l'angle se mesure du côté opposé à celui vers lequel la charnière rencontre le plan général de comparaison, en disant qu'il est pris du *côté où cette charnière penche*. Il ne faut pas confondre le point dominant avec le point culminant : celui-ci est le point le plus élevé du terrain ; néanmoins c'est du point dominant que l'on plongerait le plus immédiatement dans l'ouvrage.

Si le terrain était limité d'un côté par un plan vertical ayant pour trace la ligne CC', telle qu'on ne pût mener, par la projection du point où la ligne de site coupe le plan de l'une des courbes horizontales, de tangente à la projec-

tion de cette courbe, il faudrait substituer à la tangente celle des sécantes dont la projection ferait le plus petit angle avec la droite, suivant laquelle se projette la ligne de site.

Si la droite donnée était très-peu inclinée, il faudrait prolonger extrêmement sa projection pour trouver les points par lesquels on doit mener les tangentes aux projections des courbes horizontales; cette opération serait peu exécutable. Les autres solutions qu'on pourrait indiquer étant longues, on essaiera différentes horizontales, jusqu'à ce que l'on en trouve une qui satisfasse à la question.

12. II<sup>e</sup> cas. La charnière supposée horizontale. Soit AB, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 9, sa projection, qui a pour cote 9. Soient 6, 7, 8, 9, les cotes des courbes qui donnent la figure du terrain. Les plans de ces courbes couperont le plan de site cherché suivant des horizontales parallèles à AB, parmi lesquelles il y en aura une qui sera tangente à l'une des courbes. Soient donc menées les droites RR', PP', NN', MM', tangentes aux projections des courbes, et parallèles à AB. Ils s'agira de trouver parmi ces droites celle qui détermine le plan de site.

A cet effet, on conçoit un plan vertical perpendiculaire à la charnière. Soit CD la trace de ce plan qui rencontre aux points  $x, y, s, z$ , les droites RR', PP', NN', MM', qu'on peut aussi considérer comme les projections des arêtes

d'un prisme dont les faces enveloppent le terrain. On peut facilement construire (n° 9) la ligne brisée  $XYZ$ , intersection du plan vertical et de la surface de ce prisme. Par le point  $V$ , qui est celui où la charnière rencontre ce plan, on mène la droite  $VT$  qui passe par le point  $Y$  de la section et laisse tous les autres au-dessous d'elle. Le point  $Y$  fait connaître que la droite  $PP'$  est la projection de la tangente qui, avec  $AB$ , détermine le plan de site.

12 bis. On peut aussi concevoir par le point projeté en  $D$  une droite quelconque, et chercher la projection de l'horizontale d'un plan passant par cette droite et par celui des points projetés en  $x, y, s, z$  qui est le point dominant. Car, ce point, évidemment, appartiendra à celle des tangentes aux courbes horizontales, qui détermine le plan de site (1). Soit  $DE$  la projection de cette droite,  $6', 7', 8', 9'$  les projections des points où elle est coupée par les plans des courbes du terrain. On joindra ces points avec ceux  $x, y, s, z$ ; et la droite  $7' y$ , faisant le plus petit angle avec  $DE$ , le point  $y$  sera celui cherché. (n° 10.)

Dans la plupart des cas semblables au précédent, quelques tâtonnemens faits avec le compas pour graduer la ligne  $DC$  comme échelle de pente, en partant de l'un des points  $x, y, s, z$ ,

---

(1) Cette solution élégante est due à M. le capitaine du génie Noizet. (*Mémorial de l'Officier du génie*, n° 6, pag. 81.)

suffiront pour faire connaître celui qui est la projection du point dominant. On serait conduit de suite ici à essayer le point projeté en  $y$ , où se fait un changement brusque dans la pente, qui devient plus douce.

13. *Huitième et dernier problème.* La surface d'une certaine étendue de terrain étant représentée par des courbes horizontales, mener, par un point donné, un plan qui laisse au-dessous de lui toute cette surface, et qui fasse, avec l'horizon le plus petit angle possible.

Pour résoudre cette question, on conçoit, par le point donné, une surface conique qui enveloppe la surface du terrain dans les limites fixées, et parmi les plans tangens à cette surface, on prend pour plan de site celui qui fait le plus petit angle avec l'horizon ou qui s'élève le moins au-dessus du terrain sur lequel doivent être établis les retranchemens. Mais comme l'on ne détermine qu'un petit nombre de points de contact de la surface conique avec le terrain, la question revient à considérer un angle solide qui a son sommet au point donné, et dont les arêtes touchent la surface du terrain en la laissant toute entière au-dessous d'elles. Ces arêtes doivent être assez rapprochées pour que les plans qu'elles déterminent deux à deux ne coupent pas le terrain dans l'angle plan qu'elles comprennent.

Soit A, pl. 1<sup>re</sup>, fig. 10, la projection du point donné, 7 sa cote de hauteur, AX, AM, AN, AP, AY,



les projections des arêtes de l'angle solide.  $AX$ , et  $AY$  sont les projections des arêtes extrêmes qu'il importe toujours de considérer. On peut déterminer les cotes des arêtes de deux manières: savoir, en rabattant les plans verticaux qui les contiennent et les sections du terrain par ces plans (n° 12), ou en employant une droite auxiliaire passant par le point projeté en  $A$  (n° 12 bis). On a appliqué la première solution à la recherche des points dominans qui déterminent les arêtes projetées suivant  $AN$  et  $AP$ ; on voit que ces points sont situés pour  $AN$  sur la courbe 3, et pour  $AP$  sur la courbe 1. On a fait usage de la seconde pour avoir les points dominans ou de contact des arêtes projetées suivant  $AX$ ,  $AM$  et  $AY$ .

Cela posé, pour trouver les deux arêtes par lesquelles doit passer le plan de site, on construira la section de l'angle solide par un plan vertical ou par un plan horizontal. Le plan qu'on emploie est seulement assujéti à la condition de ne pas passer par le point donné, et de couper toutes les faces de l'angle solide.

Soit  $BC$  la trace d'un plan vertical, laquelle coupe aux points  $x, m, n, p, y$  les projections des arêtes. Puisque ces projections sont cotées, il sera facile de trouver les cotes des points  $x, m, n, p, y$ , et, par suite, de construire la section de l'angle solide, rabattue autour de  $BC$  considérée comme charnière à la cote 7; la fig. 10 représente cette construction:  $x' m' n' p' y'$  est la section rabat-

tue. On peut s'assurer par les prolongemens de  $x' m'$ , de  $y' p'$ , et d'une droite passant par les points  $m'$ ,  $p'$ , que trois plans satisferaient aux conditions d'être tangens à la surface du terrain, et l'on voit que le plan passant par  $m'$ ,  $p'$ , ou par les arêtes dont AM et AP sont les projections, est celui qui donnerait le moindre relief.

La considération d'un plan horizontal, plus conforme à l'esprit de la méthode des projections adoptée dans le défilement, conduit d'une manière encore plus prompte au même résultat. Supposons que ce plan (1) ait la cote 3. On cherchera les points  $x''$ ,  $m''$ ,  $n''$ ,  $p''$ ,  $y''$  qui ont cette cote sur les droites AX, AM, AN, AP, AY; on joindra ces points, et on aura la ligne brisée  $x'' m'' n'' p'' y''$ , projection de l'intersection des faces de l'angle solide et du plan de la courbe 3. L'horizontale projetée suivant  $x'' m''$ , qui, prolongée, laisse en avant d'elle toutes les autres, projetées suivant  $m'' n''$ ,  $n'' p''$ ,  $p'' y''$ , et ne coupe pas la courbe 3, détermine avec le point A un plan tangent au terrain. On peut en dire autant des horizontales projetées suivant  $m'' p''$ ,  $p'' y''$ . Mais au moyen de perpendiculaires abaissées du point A sur ces droites, on verra que celle  $m'' p''$  est la plus éloignée de ce point, et par conséquent est la projection de l'horizontale du plan cherché.

---

(1) Cette solution a été donnée par M. le capitaine du génie Noizet, dans le cours qu'il fait à l'École de Metz.

---

## DEUXIÈME PARTIE.

### *Théorie du Défilement.*

14. L'OBJET du défilement est de régler le relief des masses couvrantes, de manière qu'elles interceptent tous les coups qui, tirés de plein fouet, atteindraient les défenseurs entre les limites fixées pour l'intérieur des ouvrages. La direction d'un coup tiré de plein fouet, est déterminée par une droite passant par le centre du boulet et le point auquel on vise. Les points qui ne se trouvent pas sur cette direction sont censés ne pouvoir être atteints.

Ce qui vient d'être dit suppose que le mouvement des projectiles se fait en ligne droite. Dans la réalité, toutefois, leurs trajectoires sont des lignes courbes. Mais on ne peut battre de plein fouet, ni de but en blanc, ni, par conséquent, avec justesse, les points que l'on ne voit pas.

Trois choses principales (1) sont à considérer dans le défilement : 1° L'espace extérieur d'où partent les coups ; 2° la masse des parapets et des

---

(1) Ces considérations générales sont empruntées à un Mémoire sur le Défilement, qui a été publié dans le quatrième cahier du *Journal de l'Ecole polytechnique*, et dont l'auteur est M. Say, officier du génie, mort en Égypte.

traverses qui doivent les intercepter ; 3<sup>o</sup> l'espace intérieur qu'occupent les défenseurs et dans lequel ils ne doivent point être vus. Ainsi le problème du défilement est un véritable problème d'ombres : le corps lumineux est remplacé par l'espace extérieur, le corps opaque par les masses couvrantes, l'ombre absolue est l'étendue entière défilée par les parapets et les traverses ; l'espace intérieur est compris dans cette étendue. En suivant exactement cette analogie, on est presque sûr de ne pas errer dans la solution des cas particuliers auxquels les règles générales ne paraissent pas applicables.

Mais si l'on voulait traiter rigoureusement le problème sous ce point de vue, il faudrait imaginer, une surface que l'on pourrait appeler *surface de défilement*, et qui serait formée par toutes les lignes de tir partant de l'espace extérieur et rasant la crête des parapets. Des lignes parallèles à celles-ci, comprises dans les mêmes plans verticaux, et séparées d'elles par un intervalle déterminé, formeraient la *surface de site*, dont celle du terre-plein de l'ouvrage ferait partie.

Pour exécuter le terre-plein, on enlèverait, dans l'espace intérieur, toute la partie du terrain qui se trouverait au-dessus de la surface de site.

Réciproquement, la surface de site étant donnée, on déterminerait, d'une manière analogue, celle de défilement.

Comme la courbure des terre-pleins n'est pas plus admissible que celle des crêtes des parapets et des traverses, on substitue à la surface de défilement, un ou plusieurs *plans* dits de *défilement*. Ainsi, la surface du terre-plein ou se réduit à un plan parallèle au plan de défilement, et dont la distance verticale à ce dernier est de 2<sup>m</sup>, 50; ou se compose de plusieurs plans qui remplissent, par rapport à ceux de défilement qui leur correspondent, les mêmes conditions. C'est dans la détermination de cette surface que consiste l'art de plier la fortification au terrain.

Généralement, on peut prendre pour terre-plein d'un ouvrage, le plan qui, passant par un point donné ou par une ligne donnée, laisse au-dessous de lui tous les points du terrain environnant, et fait, avec l'horizon, le plus petit angle possible (1). Ce plan, à la détermination duquel on applique les méthodes exposées dans la première partie, se nomme en fortification *plan de site artificiel*, ou simplement *plan de site*. Sur le plan de site la position des défenseurs, relativement à l'ennemi, est semblable à celle qu'ils occupent sur le terrain naturel, lorsque toute la surface environnante est horizontale. On dit alors

---

(1) Nous disons généralement, parce que le plan de site ne fait pas toujours le plus petit angle possible avec l'horizon.

que cette surface est le *plan de site naturel* de l'ouvrage.

15. Les premières opérations du défilement doivent avoir pour objet de déterminer les données du problème relativement à l'espace extérieur, aux parapets et à l'espace intérieur. Les limites de l'espace extérieur en projection horizontale, sont déterminées par la portée des armes à feu avec lesquelles l'ouvrage peut être attaqué. Cet espace s'étend, pour la mousqueterie, à 300 mètres, et pour l'artillerie de campagne, à 700 mètres des projections des crêtes. Il est limité en hauteur au-dessus du terrain, à 2<sup>m</sup>,50 pour la mousqueterie, et à 1<sup>m</sup>,50 pour l'artillerie; il suit de là que, dans le premier cas, le terre-plein se confond avec le plan de site, et que dans le second, le terre-plein doit être établi à 1 mètre au-dessous du plan de site. Ces limites résultent de la définition précédente, et ont été adoptées par plusieurs auteurs (1). Comme il est avantageux que l'espace intérieur soit masqué aux vues des assaillans jusqu'à 700 mètres, on fixera à

---

(1) Cette distinction des feux d'artillerie et des feux de mousqueterie, n'est pas admise dans la fortification des places, tous les plans de défilement des ouvrages, dans la fortification permanente, doivent passer à 2<sup>m</sup>,50 au-dessus du terrain environnant jusqu'à 1400 mètres. En l'admettant dans cette Instruction sur les ouvrages de campagne, nous avons suivi l'auteur le plus classique, M. de Saint-Paul.

2 mètres (ou 2<sup>m</sup>,50) la limite en hauteur à cette distance, si l'on peut remplir cette condition sans donner trop de relief aux masses couvrantes. Au contraire, on réduira à 2 mètres la limite en hauteur à 300 mètres, si cela est nécessaire pour éviter un trop grand relief. Le terre-plein sera alors établi à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous du plan de site, parce que nous admettons qu'on doit, dans tous les cas, être défilé sur une hauteur de 2<sup>m</sup>,50 dans l'intérieur des ouvrages.

16. Dans un ouvrage fermé, l'espace intérieur est limité en projection horizontale par les projections des crêtes. On est dans l'usage de défilér les ouvrages ouverts jusqu'à 20 mètres en arrière de la gorge, et les courtines des lignes à redans et des lignes bastionnées jusqu'à la même distance de leurs crêtes. L'espace intérieur, dans le sens de la hauteur, s'étend depuis le terre-plein jusqu'au plan de défilement correspondant; ainsi le talus intérieur du parapet y est compris. *Dans aucun cas, ce talus ne doit être vu; s'il l'était, des traverses seraient nécessaires.* Il importe de bien comprendre cette condition. On appelle *traverses* des masses de terres adhérentes aux parapets, ou qui en sont séparées, et que l'on destine à garantir les défenseurs des coups d'enfilade, d'écharpe, de revers. Elles prennent le nom de *parados*, lorsqu'elles empêchent les défenseurs d'être vus à dos. Elles sont extrêmement utiles, parce qu'il peut arriver, lorsque les

défenseurs se voient menacés dans tous les sens, qu'ils se laissent ébranler par de simples démonstrations.

Lorsque l'approche de l'ennemi n'est à craindre que sur une certaine partie du terrain environnant, on ne détermine le plan de site que relativement à cette partie.

17. On détermine la limite du relief des parapets au-dessus du terrain, en raison du temps qui peut être employé à la construction des ouvrages. Le relief ne doit pas dépasser 3<sup>m</sup>,50 dans les ouvrages qui demandent une prompte exécution. La surface du terrain dont il faut se défilier, ayant été soigneusement déterminée, si l'on n'avait point égard aux difficultés de construction, et qu'on n'envisageât la question que d'une manière abstraite, on pourrait, par exemple, dans le cas des lunettes (n° 22), prendre pour ligne de site une ligne située dans le plan vertical qui passe à 20 mètres de la gorge, et s'écartant peu de la section du terrain par ce plan; mais, dans cette hypothèse, le plan de site s'élevant de la gorge vers le saillant, le relief des parapets, dans la partie voisine de ce saillant, pourrait être trop considérable. C'est pour éviter cet inconvénient qu'on abaisse quelquefois la ligne de site au-dessous de la surface du terrain. Pour construire le terre-plein de l'ouvrage, on s'enfonce alors dans le terrain naturel; mais des traverses sont nécessaires. (*Voy.* n° 25.)



Supposons, pour plus de simplicité, que la ligne de site soit horizontale. Soient pl. II, fig. 2, AB, la trace horizontale d'un plan vertical perpendiculaire à la ligne de site, *Pmn* la section du terrain par ce plan, *c* le point de rencontre du même plan et de la ligne de site, DE la verticale correspondante au saillant, et *cg* la trace verticale du plan de site. Le plan de défilement sera parallèle au plan de site, et passera à 2<sup>m</sup>,50 au-dessus du point dominant *g*. Soit *fi* sa trace; si *mf* surpasse 3<sup>m</sup>,50, le relief au saillant excédera le maximum que nous avons fixé. On essaiera alors une autre ligne de site, que nous supposons encore horizontale, et rencontrant, par exemple, le plan vertical en un point *h*, inférieur au point *c*; la trace du plan de site correspondant sera la ligne *ht*; celle du plan de défilement, la droite *rs*. Si *mv* est moindre que 3<sup>m</sup>,50, le nouveau plan de site remplira la condition relative à la plus grande hauteur du relief. Mais ce plan coupera nécessairement le terrain dans la partie de l'espace extérieur qui est voisine de la gorge; il y aura une partie de cet espace, de laquelle l'espace intérieur ne sera pas complètement défilé. On déterminera son étendue, et s'il est important de s'en défilér, on exécutera les opérations qui sont décrites n° 25. Si l'on peut sans inconvénient négliger cette partie de l'espace extérieur, on s'en tiendra au plan de site qui aura été déterminé; ce cas arrive rarement.

18. Avant de passer outre, nous chercherons à faire apprécier à sa juste valeur la prévention qui existe dans l'esprit des militaires, contre les fortifications dominées.

On se représente ordinairement une fortification dominée comme une position où les défenseurs sont, de toutes parts, en butte aux coups de l'ennemi. Dans ce cas, elle ne serait pas tenable; mais la supposition est inexacte. L'inconvénient d'être commandé par des hauteurs n'oblige pas même toujours à une augmentation de relief. En effet, on conçoit que l'emplacement de l'ouvrage projeté peut être tel que le plan de site naturel, étant prolongé, laisse au-dessous de lui toutes les hauteurs. Cependant une position dominée a moins de valeur que celle qui ne l'est pas; il faut plus de temps pour la fortifier, quelquefois même il est impossible de remédier à ses défauts. On doit éviter sans doute d'occuper une semblable position; mais on est quelquefois maîtrisé par les circonstances et les localités. Dans le cas, par exemple, où une rivière sert de frontière, on peut se trouver dans l'obligation de fortifier celui des deux bords qui est dominé par l'autre.

Malgré le désavantage de la fortification dominée, lorsqu'on a eu le temps d'appliquer à sa construction les règles du défilement, l'ennemi ne peut plonger dans l'intérieur des ouvrages; les défenseurs ne peuvent être vus ni en flanc,

ni à dos; ils trouvent dans les ouvrages construits en terrains accidentés la même sécurité que dans ceux qui sont construits en terrain uni.

Nous allons appliquer à quelques exemples les principes qui viennent d'être exposés. Nous considérerons d'abord les ouvrages ouverts, puis les ouvrages fermés; et enfin, les lignes. Les procédés du défilement étant, dans tous les cas, fondés sur les mêmes principes, nous ne traiterons, avec les développemens nécessaires, que ce qui est relatif aux ouvrages ouverts les plus simples.

### §. 1<sup>er</sup>.

#### *Défilement des ouvrages ouverts.*

19. Les ouvrages ouverts les plus simples sont le redan et la lunette. Soient, pl. II, fig. 12, BCD le tracé d'un redan, et ABCDE le tracé d'une lunette.

La première opération est de fixer les limites du terrain dont il faut se défiler. Nous supposons que les limites de ce terrain en projection horizontale, sont 1<sup>o</sup> un arc de cercle décrit du saillant B, comme centre avec un rayon de 300 mètres; 2<sup>o</sup> pour le redan, les lignes BR et DS, pour la lunette les lignes AK et EI; les unes et les autres élevées perpendiculairement aux extrémités des projections des crêtes, et prolongées jusqu'à leur rencontre avec l'arc de cercle qu'on

a supposé décrit; nous fixons la limite en hauteur de l'espace extérieur à 2<sup>m</sup>,50, comme pour l'espace intérieur, afin que le plan de site tangent au terrain et parallèle au plan de défilement, soit le plan même au-dessus duquel le terre-plein ne saurait être établi.

La seconde opération est de reconnaître si les points dominans du terrain sont situés en avant ou en arrière des plans verticaux passant par les crêtes prolongées. On entend par *terrain en avant d'une face*, celui qui est battu par les feux de cette face, et qui s'étend du côté de la campagne au-delà de cette face prolongée. On entend par *terrain en arrière d'une face*, celui qui est en-deçà de cette même face. Cette distinction importante, établie par Say (Mém. cité), oblige à considérer deux cas très-différens : l'un où les points dominans sont situés en avant des flancs et faces des ouvrages; et l'autre où ils sont situés en arrière, par rapport aux mêmes flancs et faces.

#### 1<sup>er</sup> CAS.

20. Soient BC, CD, pl. II, fig. 12, les projections horizontales des crêtes d'un redan.

On doit d'abord chercher à régler le relief des crêtes, de manière qu'elles soient dans un plan de défilement, c'est-à-dire dans un plan qui passe au-dessus de l'espace extérieur. On se donnera la cote d'un point de ce plan; par exemple, la cote du point projeté en O, un peu en arrière de la

gorge, et l'on appliquera alors à la détermination du plan de défilement; la méthode qui a été exposée (n° 13). Les cotes des points B, C et D, prises sur l'échelle de ce plan devront être plus petites que les cotes du terrain pour les mêmes points, et la différence ne devra pas excéder 3<sup>m</sup>,50 (n° 17).

Pour faire cette opération, il faudrait considérer la surface qui termine l'espace extérieur; surface dont tous les points sont élevés au-dessus du terrain de 2<sup>m</sup>50, dans les limites qui ont été fixées; et par conséquent, retrancher 2<sup>m</sup>,50 de toutes les cotes des projections des courbes horizontales. On évitera ce changement des cotes, en procédant immédiatement à la détermination du plan de site, et non à celle du plan de défilement. La méthode sera la même. L'échelle du plan de site trouvée, on tracera les projections de ses horizontales, pour s'assurer qu'il ne rencontre pas le terrain dans les limites fixées. On doit toujours faire cette opération.

21. Si la condition énoncée (n° 17) n'est pas remplie, on commencera par fixer le relief des crêtes d'une manière convenable, relativement à la limite de hauteur qu'on ne doit pas dépasser; et de manière qu'elles ne fient pas dans l'espace extérieur, c'est-à-dire qu'étant prolongées elles passent au-dessus du terrain de la quantité voulue. A cet effet, on imaginera, par les droites BC et CD, pl. II, fig. 12, deux plans verticaux, ou

construira les sections du terrain par ces plans ; on tracera les droites  $mn$  et  $pq$ , de manière qu'elles passent par les points dominans de ces sections (1) ; que le point C ait même cote sur ces droites ; que cette cote et celles des points B et D soient plus petites que les cotes des mêmes points sur le terrain, sans que la différence excède un mètre ; afin que les crêtes qu'on tracera parallèlement à ces droites, à la distance verticale de 2<sup>m</sup>,50, satisfassent aux conditions du problème. Ces droites peuvent être appelées *sous-crêtes*, et le plan qu'elles déterminent, *sous-plan des crêtes*.

Il ne faut pas confondre le sous-plan des crêtes avec le plan de site. Ce dernier est toujours tangent au terrain ; l'autre ne jouit pas toujours de cette propriété, parce que les crêtes peuvent être dans un plan qui ne passe pas à 2<sup>m</sup>,50 au-dessus du terrain.

Il n'est pas nécessaire, dans le second cas du problème (n° 25), que les deux cotes du point C, dans les plans verticaux, soient égales ; il suffit qu'elles diffèrent peu entre elles.

Cela posé, soit  $cd$ , fig. 13, l'échelle du sous-plan des crêtes qu'on aura construite au moyen des cotes déterminées des points B, C et D. Supposons que ce plan rencontre la surface du terrain natu-

---

(1) On peut trouver les projections des points dominans de ces sections, sans faire de rabattemens ; en opérant comme il est dit n° 12 bis.

rel, suivant une courbe projetée en *mnoq* dans le secteur formé par le prolongement des projections des crêtes. Il est évident, si l'on considère la direction de toutes les lignes qu'on peut imaginer tirées, de l'espace extérieur dans l'ouvrage, que les talus intérieurs ne sont pas vus à revers que, par conséquent, il suffit de défiler séparément chaque face du terrain qui est en avant d'elle. On trouvera les plans de site qui satisfont à cette condition, en cotant les droites BC et CD d'après l'échelle *cd*, et opérant comme il est dit (nos 10, 11, 12). On aura deux échelles de pente, on construira la projection CH de l'intersection des deux plans de site, et les projections des intersections de ces plans avec la surface du terrain. La position de ces dernières, relativement à CH, fera connaître si le terrain naturel peut tenir lieu de terre-plein; et, dans le cas contraire, l'étendue sur laquelle il est nécessaire de le creuser pour établir le terre-plein, d'après les plans de site qui ont été trouvés (1).

22. Soit ABCDE, pl. II, fig. 12, le tracé d'une lunette.

Supposons qu'on veuille mettre les cinq points des crêtes, qui sont projetés en A, B, C, D, E, dans un même plan de défilement, ou les cinq points

---

(1) La manière d'opérer, qui vient d'être décrite, est applicable au cas où l'on veut défiler l'intérieur d'un ouvrage déjà construit, sans changer son relief.

correspondans de la sous-crête dans un même plan de site tangent au terrain. Ce dernier plan devant passer au-dessus de tout le terrain situé en avant de la ligne KI, il paraît naturel de déterminer d'abord les cotes des deux points A et E de la gorge, qui sont projetés sur cette ligne. A cet effet, on regardera la ligne KI comme la trace d'un plan vertical, qu'on rabattra autour de cette trace; soit *raev* la section du terrain par le plan; toute ligne XY, passant au-dessus de cette section, pourra être prise pour ligne de site. Mais, parmi toutes les lignes passant au-dessus du terrain, il convient, en général, de choisir celle UT, qui est tangente en deux points de la section du terrain. [On a vu (n° 17) qu'on abaisse quelquefois la ligne de site au-dessous du terrain:] On cotera la droite KI, comme étant la projection de UT, et l'on appliquera à la détermination du plan de site les méthodes qui ont été exposées (n°s 10, 11, 12) pour mener un plan tangent au terrain par une droite donnée. L'échelle de ce plan trouvée, on tracera pour vérification les projections de ses horizontales.

## II<sup>e</sup> CAS.

23. *Première solution. Premier exemple.* Soit ABCDE, pl. II, fig. 13, le tracé d'une lunette. On peut imaginer plusieurs manières de déterminer un sous-plan des crêtes, sans chercher à remplir essentiellement la condition du défilement,



pourvu que les crêtes ne fient pas dans l'espace extérieur, et que leur relief ne dépasse pas 3<sup>m</sup>,50. Nous supposons qu'on ait opéré comme au n° 21 ; et soit *cd* l'échelle du sous-plan des crêtes BC et CD, qui coupe le terrain suivant la courbe projetée en *mnopq* dans le secteur, formé par les projections des crêtes prolongées. On déterminera, comme au même numéro, les plans de site et de défilement des faces BC et CD. Quant aux flancs, deux moyens se présentent pour régler leur relief.

On peut tenir la crête du flanc BA dans le plan de défilement de la face BC, et la crête du flanc DE dans le plan de défilement de la face CD. Si l'on règle de cette manière le relief des flancs, le talus intérieur du flanc AB sera masqué par le relief de la face CD, aux vues de revers du terrain en arrière de ce flanc jusqu'à la ligne ADS; et de même, le talus intérieur du flanc DE sera masqué, par le relief de la face BC; aux vues de revers de tout le terrain en arrière de ce flanc jusqu'à la ligne EBR. Il restera à savoir, si les talus intérieurs sont couverts par le relief des flancs opposés contre les vues du terrain qui s'étend depuis les lignes ER, AS, jusqu'à la ligne KI, limite du terrain dont on doit être défilé, par hypothèse. Si cela n'avait pas lieu, il faudrait élever une traverse depuis le saillant jusqu'à la gorge, par exemple, suivant CG; car, les flancs ayant été abaissés au-dessous du plan des crêtes

BC et CD, si une semblable traverse n'était pas élevée, l'ennemi, des points de KI les plus rapprochés des flancs, verrait les talus intérieurs jusqu'au saillant.

24. On peut encore régler le relief des flancs de la manière suivante : on tiendra leurs crêtes dans le plan qui contient les crêtes des faces; leurs talus intérieurs alors ne seront plus vus à revers que de l'espace extérieur, limité en projection horizontale par la courbe *mnopq*. Il faut élever deux traverses pour remédier à cet inconvénient.

Soit BF la projection de la crête de la traverse destinée à défilier le flanc BA; pour déterminer sa longueur, on mènera par le point A, extrémité du flanc, la droite Ao, qui laisse en avant d'elle toute la courbe *mnopq*; le point F, où les lignes BF et Ao se coupent, sera l'extrémité de la traverse. On déterminera sa hauteur par la méthode qui sera exposée (n° 25). On remarquera que la crête de l'autre flanc DE, fichant dans l'espace extérieur au point projeté en *x*, il est nécessaire de prolonger sa traverse sur le parapet.

De quelque manière que l'on règle le relief des flancs, le terre-plein sera compris dans les deux plans de site qui ont été déterminés. Nous n'avons pas tracé les intersections de ces plans avec la surface du terrain, pour ne pas trop compliquer la figure; mais il est nécessaire de les construire. Elles doivent se trouver entiè-

rement en arrière des faces. Si cette condition n'était pas remplie, et qu'elles fussent partie en avant et partie en arrière des faces, ce serait une preuve que les crêtes fichent dans l'espace extérieur. On doit éviter ce défaut, parce qu'on ne peut le corriger qu'au moyen de traverses prolongées sur les parapets, et qui nuisent à l'action des feux.

25. *Deuxième exemple.* Supposons, pl. II, fig. 14, que le sous-plan des crêtes BC, CD rencontre la surface du terrain suivant les courbes projetées en  $mnopq$ ,  $m'n'o'p'q'$ ,  $m''n''o''p''q''$ , ces deux dernières situées en arrière des faces prolongées. On déterminera d'abord les plans des terre-pleins comme dans le premier cas (n° 21), en défilant chaque face de tout le terrain qui est en avant d'elle. On tiendra la crête de chaque flanc dans le plan de défilement de la face adjacente. On s'occupera ensuite de la détermination de la traverse qu'il est absolument nécessaire d'élever. A cet effet, on mènera, par chaque crête des faces (1), rabaissée de deux mètres (2), un

(1) A la rigueur, il faudrait aussi déterminer les plans de défilement à revers des flancs.

(2) Pour éviter de changer les cotes de BC et CD, on pourra mener les sous-plans de défilement à revers, par les sous-crêtes qui ont servi à la détermination des plans de site. On l'a fait, pl. II, fig. 14; et l'on a relevé alors ces plans de 3 mètres, au lieu de 2<sup>m</sup>50.

plan tangent au terrain qui est en arrière d'elle; on aura deux plans, deux échelles de pente; on retranchera  $2^m,50$  des cotes de ces échelles, lesquelles seront alors les échelles de pente des plans de défilement à revers, propres à déterminer la hauteur de la traverse en quelque endroit de l'ouvrage qu'on veuille la construire. Ces plans passeront à  $0^m,50$  au-dessus des crêtes et à  $2^m,50$  au-dessus des points les plus dominans du terrain.

Soit CF la projection horizontale de la crête de la traverse. On choisira celui des deux plans de défilement à revers dont la section, par le plan vertical, ayant pour trace la ligne CF, donne la plus grande hauteur à la traverse. Le point C ayant même cote dans les deux plans, il suffira de comparer les cotes du point F; on comparerait aussi les cotes du point C, si elles n'étaient pas égales; ce cas a lieu lorsque les crêtes des faces BC, CD ne sont pas dans un même plan; les parapets alors présenteraient un ressaut au saillant; mais la traverse ferait disparaître l'inconvénient qui en résulterait.

Lorsqu'on construira l'ouvrage, on fera régner le plan de site de chaque partie ABCF, CDEF, jusqu'à la traverse; en sorte que si CH, par exemple, est la projection de l'intersection des deux plans de site, il faudra prolonger le plan de site de ABCF, au-delà de CH, de tout l'espace projeté dans le triangle HCF; sans cela on ne serait pas

suffisamment défilé le long de la traverse dans cette partie de l'ouvrage. Il résulte de cette construction qu'on a un ressaut à franchir pour passer du terre-plein, qui est d'un côté de la traverse, au terre-plein qui est de l'autre côté. On peut l'éviter en élevant la traverse à l'intersection des terre-pleins.

Soit  $CH'$  la projection horizontale de l'intersection des deux plans de défillement à revers, elle peut n'être pas la même que la projection de celle des deux plans de site. Si la traverse n'est pas donnée de position, il conviendra de l'élever suivant  $CH'$ , pour qu'elle ait le moindre relief possible.

Si  $CH'$  se confondait avec la projection de l'une des faces, ce serait une preuve que cette face couvre l'autre à revers, et qu'elle seule a besoin de traverse ou de parados.

26. Il est nécessaire, pour que les talus intérieurs soient complètement défilés, de faire régner la traverse jusqu'au saillant C. Cependant on ne le fait pas toujours, parce qu'il est quelquefois très-avantageux, surtout dans les ouvrages de campagne, de conserver au saillant, qui est la partie la plus faible, un emplacement pour les défenseurs. On fait aboutir la traverse au parapet, près du saillant, ou on l'interrompt à quelques mètres du saillant, par exemple, au point L. L'étendue CL est alors une trouée par laquelle les talus intérieurs peuvent être vus du

dehors, sur une longueur et une hauteur qui sont variables. Il y a deux moyens auxquels on peut avoir recours pour remédier à ce défaut. L'un consiste à faire faire à la traverse un retour d'équerre sur chaque face, ou seulement sur celle des faces qu'il importe le plus de garantir des coups d'écharpe intérieurement.

L'autre consiste à élever au saillant une *bonnette*. On donne ce nom à un exhaussement du parapet, qui a une certaine longueur  $Cx$ , pl. II, fig. 14, de chaque côté du saillant. Les défenseurs, placés au saillant, restent seuls un peu exposés. On voit sur la figure la manière de déterminer la longueur des faces de la bonnette. Lorsqu'elle est seulement destinée à parer les enfilades et à rendre le ricochet plus plongeant, et par conséquent moins dangereux, on lui donne en longueur, de chaque côté du saillant, la largeur de la banquette et de son talus, ou la largeur du terre-plein nécessaire à l'artillerie. Elle peut avoir un mètre de hauteur environ; son parapet a un peu moins d'épaisseur que celui de l'ouvrage.

27. *Deuxième solution.* Soit, pl. II, fig. 14, CF la projection de la crête de la traverse destinée à séparer les deux terre-pleins, on fixera la cote du point projeté en F, comme appartenant au plan de site des parties ABCF, CDEF de l'ouvrage. On considérera ce point comme le sommet de deux surfaces coniques; l'une tangente à la surface du terrain, en avant du flanc AB

et de la face BC; et l'autre, tangente à la surface du terrain, en avant de la face CD et du flanc DE. Les plans de site cherchés devront être tangens à ces surfaces coniques. On appliquera à leur détermination la méthode qui a été enseignée (n° 13). Les points où les plans coupans verticaux, dont l'objet est indiqué page 19, rencontreront la verticale élevée au point C, devront avoir même cote, ou des cotes qui ne diffèrent pas de plus de 0<sup>m</sup>,50, afin qu'il n'y ait pas de ressaut au saillant, ou que ce ressaut n'excède pas 0<sup>m</sup>,50. A raison de cette condition, on fera passer les plans coupans par les crêtes projetées en CB et CD. Cette solution est d'une exécution facile sur le papier et sur le terrain. On déterminera la hauteur de la traverse, comme dans la solution précédente.

On pourra faire usage encore avec plus d'avantage, d'après ce que nous avons dit à la fin de la première partie, d'un plan horizontal pour trouver les arêtes des surfaces coniques; par lesquelles doivent passer les plans de site.

28. *Troisième solution* applicable à quelques cas particuliers. On commencera par fixer la projection de l'intersection des plans de site, qui doit être dans ce cas la même que celle de la crête de la traverse. Par exemple, soit la capitale CO, pl. II, fig. 12, cette projection; on imagine un plan vertical par la capitale prolongée jusqu'à la limite du terrain dont on doit se défilier. On cons-

truit la section du terrain par ce plan ; on fixe dans ce plan rabattu la hauteur du point *o*, ou celle du point *c*, suivant que l'un ou l'autre est donné ; et, par ce point, on mène la droite *ov*, tangente au point dominant de la section, ou plutôt passant un peu au-dessus de ce point. On cote cette droite, et on la considère comme la charnière commune aux deux plans de site des deux parties de l'ouvrage. On évite par ce procédé tout ressaut au saillant. On détermine ensuite le relief de la traverse comme à l'ordinaire. La droite *ov* doit passer un peu au-dessus du point dominant, afin que les plans de site ne coupent pas le terrain entre la capitale et les prolongemens des faces auxquelles ils appartiennent. Cette condition peut obliger à un tâtonnement plus ou moins long, dans la détermination de la ligne de site commune aux deux plans.

*Remarque sur le défilement des ouvrages ouverts.*

29. En traitant du défilement de ces ouvrages, on a supposé qu'ils étaient isolés. Mais il est nécessaire qu'ils soient soutenus par des troupes placées en arrière, ou que les obstacles auxquels ils sont appuyés ne permettent pas de les tourner.

Dans le premier cas, la vigueur de la défense dépend de la possibilité de les secourir, de leur envoyer des renforts, ou de renouveler leur gar-



nison. Il faut défilér, non-seulement l'ouvrage mais le terrain que les troupes doivent occuper en arrière, ainsi que celui qu'elles ont à parcourir, pour se porter au secours de l'ouvrage attaqué. Ces conditions sont difficiles à remplir, lorsque le terrain ne présente pas naturellement des endroits couverts, ou si l'ennemi peut battre, avec son artillerie, tout l'espace compris entre la position principale et la gorge des ouvrages avancés.

Dans le cas où les ouvrages sont appuyés à des obstacles, ils couvrent ordinairement un défilé qui assure la retraite des troupes. La ligne par laquelle cette retraite s'effectue doit encore être défilée.

## §. II.

### *Défilement des ouvrages fermés.*

3o. Un ouvrage que l'ennemi peut attaquer sur tous les points, doit être entièrement fermé. Si cet ouvrage, n'ayant même que quatre faces, n'occupe point une position dominante, il est presque impossible de le tracer de manière que les conditions relatives au défilement soient complètement remplies. Mais il est rare qu'un ouvrage de campagne fermé soit exposé à une attaque environnante, qui puisse être dirigée sur tous les points avec une égale vigueur et avec les mêmes moyens. Souvent plusieurs de ses faces ne seront point attaquables, ou ne

pourront être attaquées avec de l'artillerie. Elles devront ces avantages à la position de l'ouvrage ou à celle des troupes.

Les opérations du tracé doivent être précédées d'une reconnaissance du terrain et de l'examen des différentes circonstances relatives à l'attaque et à la défense. Si l'on ne peut éviter que, pour quelques faces, les lignes de site qui correspondent aux crêtes, fient dans le terrain, il faut du moins dérober à cet inconvénient les faces qui doivent le plus influer sur la défense.

Prenons pour exemple la redoute carrée, qui est l'ouvrage que l'on construit le plus souvent en campagne. Supposons qu'on ait tracé circulairement, à 300 mètres des saillans, les limites en projection horizontale du terrain dont on doit se défilier. Plusieurs cas peuvent se présenter.

31. 1<sup>er</sup> cas. Le plan, ou les plans dans lesquels les quatre crêtes sont situées, ne rencontrent pas l'espace extérieur dans les limites du défilement.

Ce cas a-lieu lorsque le terrain est horizontal; il se présente aussi en pays montueux, si la redoute est construite sur une hauteur ou sur une surface inclinée, qui, prolongée vers les hauteurs (n° 18) passe au-dessus des points dominans, et prolongée du côté de la plaine, n'y fiche qu'à une grande distance.

32. 11<sup>e</sup> cas. Soit, pl. III, fig. 15, ABCD le tracé

d'une redoute qui doit être élevée sur une position dominée par le terrain environnant. On réglera le relief des crêtes, de manière que les sous-crêtes, ou lignes de site, correspondantes, ne ficient pas dans le terrain (n° 21). Il arrivera généralement que le plan, ou les plans dans lesquels ces lignes sont situées, rencontreront la surface du terrain; et cela ne peut avoir lieu sans que deux, trois, ou même les quatre faces de la redoute, ne soient vues à revers.

1° Soit, pl. III, fig. 15, *mnp* la projection de la courbe, suivant laquelle le plan qui contient les quatre lignes de site correspondantes aux crêtes, rencontre le terrain. Les faces AD et DG étant vues à revers, on élèvera une traverse, ou parados, suivant AC. Pour défilér la partie ABC, on déterminera séparément les plans de site des faces AB et BC, en raison de la forme du terrain en avant d'elles; les lignes de site projetées en AB et BC (n° 21), seront les charnières de ces plans. Quant à la partie ADC, elle aura, pour plan de site, le sous-plan des crêtes qui ne rencontre point le terrain en avant des faces AD et DC.

On fera régner la traverse jusqu'aux saillans A et C, ou on l'interrompra à peu de distance de ces saillans, suivant qu'il sera nécessaire (n° 26). On remarquera que les faces AD et DC, n'étant ni enfilées, ni prises d'écharpe intérieurement, il y aura peu d'inconvénient à interrompre la

traverse. Il faudrait, pour déterminer sa hauteur d'une manière rigoureuse, chercher d'abord l'intersection du plan vertical mené suivant AC, et de la surface formée par les droites, qui envelopperaient la surface du terrain projeté dans la courbe *mnop*, et s'appuyeraient sur les crêtes rabattées de 2 mètres; puis relever de 2<sup>m</sup>,50 cette intersection; mais on se borne dans la pratique à déterminer les cotes des deux ou trois points de la crête de la traverse qu'on juge devoir être les plus élevés. Soient, pl. III, fig. 15, *s* la projection d'un de ces points, *rst* et *Dst'*, celles de droites dirigées de ce point vers la partie du terrain qui voit à revers les faces AD et DC. Les cotes des points projetés en *r* et D sur AD étant connues, il sera facile de déterminer les points dominans *t* et *t'* par l'une ou l'autre des méthodes, dont on a vu une application, page 19; on cotera les droites *rst* et *Dst'*, et on adoptera pour le point *s* de la traverse la cote qui lui donne le plus grand relief.

33. 2<sup>o</sup> Soient, pl. III, fig. 15, *mnop*, *m'n'o'p'*, les projections des courbes suivant lesquelles les plans des sous-crêtes coupent la surface du terrain, les faces AB et BC, AD et DC seront vues à revers; mais ce cas rentre dans le précédent, parce qu'il suffira de la traverse élevée suivant AC, pour couvrir à revers les quatre faces de la redoute. On déterminera, pour chacun de ses points dont on voudra connaître le relief, deux cotes; l'une par rapport aux faces AB et BC, et

à l'espace extérieur  $m'n'o'p'$ , et l'autre par rapport aux faces AD et DC, et à l'espace extérieur  $mnp$ ; on adoptera celle qui exprime le plus grand relief.

On déterminera le plan de site de chaque face, en menant, par sa ligne de site, le plan tangent au terrain qui est en avant d'elle.

34. On pourra, dans quelques cas, opérer de la manière suivante, qui est plus simple. Supposons, par exemple, que la position occupée par la redoute domine sensiblement le terrain qui est compris dans les secteurs MAT et PCQ, et que les points dominans sont situés dans les secteurs NBP et SDR. Au lieu de régler le relief des quatre points de la crête (n° 32), on fixera seulement le relief des deux points A et C; on déterminera la ligne de site correspondante, et on la considérera comme devant être commune aux deux parties de la redoute séparées par la traverse. D'après la supposition qui a été faite sur le relief du terrain, dans les secteurs MAT et PCQ, on n'aura pas à craindre (n° 28) que les plans de site le coupent dans ces secteurs.

35. 3° Si les sous-plans des crêtes rencontraient le terrain dans les quatre secteurs formés par les faces prolongées, ou dans trois seulement, ou dans deux non opposés, on ne pourrait se dispenser de construire deux traverses en croix, suivant les diagonales de la redoute. C'est à tort que l'on recommande, dans quelques Traités de

fortification, d'élever les deux traverses en croix perpendiculairement aux faces; car cette construction ne peut remplir l'objet qu'on se propose, que dans le cas où les points dominans seraient situés dans les bandes formées par le prolongement des faces parallèles (n° 36). Il arrivera, plus fréquemment, qu'ils seront situés dans les secteurs formés par le prolongement des faces contiguës.

36. 4° Soit, pl. III, fig. 16, *mno* la projection de la courbe suivant laquelle le sous-plan des crêtes rencontre le terrain. Les faces AD et BC seront exposées à être battues d'écharpe intérieurement, et la face DC sera vue à revers. On couvrira les premières au moyen des deux traverses AE et BF, et la dernière au moyen du parados GH. La manière de déterminer les points E et F des traverses, et ceux G et H du parados, n'a pas besoin d'explication; on prolongera d'un mètre les traverses et le parados au-delà de ces points.

On établira, 1° le terre-plein de la partie AEGHFBCD dans le sous-plan des crêtes, puisque ce sous-plan ne rencontre pas le terrain en avant des faces AD, DC et BC; 2° le terre-plein de la partie restante ABFHGE, dans le plan de site mené par la sous-crête de AB, tangentiellement au terrain qui est en avant d'elle. Il y aura nécessairement, dans les plans verticaux passant par DE et CF, un ressaut entre les deux terre-

pleins; on fixera la position du parados de manière que ce ressaut n'excède pas un mètre environ.

S'il fallait donner une trop grande hauteur à la traverse BF, pour qu'elle défilât la face BC sur toute sa longueur, on défilerait cette face *par parties*, au moyen de deux traverses; l'une BF, suffisamment élevée pour défiler la partie Bb; l'autre bf, suffisamment élevée pour défiler la partie bC.

37. III<sup>e</sup> cas. Les sous-crêtes fichent dans le terrain.

Il n'est pas toujours possible de l'éviter. Supposons, par exemple, qu'on ait à construire une redoute en avant d'une colline peu élevée, dont la crête a pour projection la ligne XY, pl. III, fig. 15 et 16. On peut présenter, à cette colline, un des saillans, fig. 15, ou l'une des faces, fig. 16. Dans le premier cas, les quatre sous-crêtes fichent dans le terrain, deux faces sont vues d'écharpe, et deux autres à revers. Dans le second cas, deux sous-crêtes seulement fichent dans le terrain; une face est vue à revers, deux faces sont enfilées; mais il reste une face qui n'est ni enfilée, ni vue d'écharpe, ni vue à revers, et sur laquelle on pourra établir les défenseurs immédiatement après sa construction.

*Remarques sur les traverses.*

38. Les traverses font perdre un espace, plus

ou moins considérable, dans l'intérieur des ouvrages; et y mettent obstacle aux mouvemens des troupes. On pratique, sous leurs massifs, des magasins pour les munitions, et des passages pour les défenseurs; leurs inconvéniens se trouvent ainsi compensés ou atténués. Dans les grands ouvrages, on peut les faire concourir à la défense, en leur donnant un profil convenable. Elles servent alors de retranchemens intérieurs. Il est inutile de dire que la plongée s'incline du côté qui est le plus exposé à une attaque. On creuse, du même côté, un petit fossé, qu'on palissade. En recommandant ces dispositions, M. de Saint-Paul (*Traité complet de Fortification*, tom. II, pag. 144) s'appuie sur l'exemple intéressant que présente la prise de la redoute anglaise de Toulon, en 1793. Les Français parvenus dans cette redoute, qui était très-grande, en furent chassés deux fois par le feu d'une traverse, et ils ne parvinrent à s'y maintenir, après une troisième attaque, qu'en faisant tourner la traverse par une partie des leurs.

### §. III.

#### *Défilement des lignes.*

39. On se propose, dans le défilement des lignes, ou ouvrages continus, comme dans celui des ouvrages isolés, de masquer l'espace inté-



rieur aux vues des hauteurs dominantes. Les moyens qu'on emploie pour y parvenir sont les mêmes; ils consistent dans le relief des parapets, l'enfoncement des terre-pleins, la construction de traverses, de parados et de bonnettes. Ce qui a été dit précédemment (n<sup>os</sup> 15, 16 et 17) sur les données de la question générale, trouve ici son application. Ajoutons que l'espace où les défenseurs sont à couvert, doit être le plus grand possible; car, la défense des lignes exige l'emploi d'une grande quantité de troupes de toutes armes, tantôt déployées, tantôt serrées en masse. Cette considération doit faire attacher la plus grande importance au choix de la position. Dans le cas où l'on y serait fortement commandé, le défilement ne serait qu'un palliatif. Aussi les auteurs de fortification les plus estimés, prescrivent-ils de retrancher les hauteurs qui dominent la position à occuper. Lorsqu'on ne peut le faire, on élève des épaulements à 50 ou 60 mètres en arrière de la ligne.

Il n'est pas possible, en général, de mettre dans un même plan de défilement, les crêtes de plusieurs ouvrages d'une ligne fortifiée. On divise cette ligne en plusieurs parties séparées par des traverses, et ayant chacune un plan de site particulier. Il faut apporter une grande attention à bien distinguer comment chaque partie est vue de front, d'enfilade, à revers, afin d'appliquer, dans chaque cas, les procédés de défilement les

plus convenables. Les parties rentrantes, telles que les courtines, qui font face aux hauteurs, sont faciles à défilér, parce qu'elles ne sont ni enfilées ni prises à revers. Il n'en est pas de même des parties saillantes, telles que les redans et les bastions. Pour les dérober aux feux d'enfilade, on dirige, autant que possible, les prolongemens de leurs faces vers des vallons ou des lieux bas; on fait converger vers des ouvrages qui font partie de la ligne, les prolongemens des branches des crémaillères, dont on se sert particulièrement pour unir les ouvrages qui sont séparés par une vallée, un vallon, un ravin. Nous renvoyons au *Traité ou aux Elémens de Fortification* de M. de Saint-Paul, qui a traité ce sujet avec les développemens nécessaires.

Nous ne terminerons pas cette deuxième partie, sans faire connaître un instrument simple et ingénieux qui peut abrégér les tâtonnemens dans la recherche des plans de défilement des projets de fortification. Il a été imaginé récemment par M. le chef de bataillon du génie de Bellounet, et décrit, dans le n° 10 du *Mémorial de l'officier du génie*, par M. Alphonse Bodson de Noirfontaine, capitaine du génie.

Cet instrument consiste dans un cadre en bois qui porte des fils de soie équidistans, parallèles entre eux, et à deux des côtés du châssis. Celui-ci est formé de quatre règles réunies par de petits boulons, et peut prendre la figure d'un parallélogramme quelconque. Pour que le parallélisme des fils ait

lieu, il faut que les règles soient divisées exactement, et la position des boulons déterminée avec précision.

On conçoit que le système de ces fils peut représenter un plan situé de différentes manières dans l'espace, en ouvrant plus ou moins le châssis, ou en faisant varier la direction des fils sans changer la figure du châssis, ou en faisant varier à la fois la figure du châssis et la direction des fils.

Le parallélogramme formé par les règles, doit être assez grand pour comprendre l'ouvrage et tout le terrain dont on doit se défiler. Le nombre des fils doit être au moins égal à celui des courbes horizontales du plan sur lequel on opère. Enfin l'artiste qui construit l'instrument doit avoir l'attention de noyer dans le bois les têtes des boulons qui unissent les règles, et de démaigrir un peu les deux règles auxquelles sont attachés les fils, à leur surface inférieure, afin que les fils ne frottent pas sur le papier lorsqu'on fait usage de l'instrument.

## TROISIÈME PARTIE.

### *Pratique du Défilement sur le terrain.*

40. La pratique du défilement sur le terrain consiste à exécuter à l'aide de jalons, de lattes, et de cordeaux, les opérations qui ont été décrites dans la deuxième partie. Elle ne peut présenter aucune difficulté, si l'on a bien compris tout ce qui précède. On tracera la projection de la crête de l'ouvrage sur le terrain; on plantera des piquets aux sommets des angles du tracé, on clouera des lattes contre ces piquets; on fera la même opération aux points qui sont indiqués

n<sup>os</sup> 44 et 45. On coupera plus tard toutes les lattes à des hauteurs telles que les sommets se trouvent dans les plans de site ou de défilement qu'on déterminera. On plantera des jalons à tous les points dominans de la partie du terrain, de laquelle on doit se défilér. Nous négligeons ici la double considération des feux d'artillerie et des feux de mousqueterie, qui obligerait à employer deux sortes de jalons : les uns de 1<sup>m</sup>,50 de longueur hors de terre, et les autres de 2<sup>m</sup>,50 (1). Nous fixons à 2 mètres la limite en hauteur de l'espace extérieur; ainsi, tous les jalons devront avoir cette longueur hors de terre. Si l'on ne peut aller placer des jalons sur le terrain, parce qu'il serait occupé par l'ennemi, on déterminera les plans de site et non les plans de défilement. On établira ensuite les terre-pleins à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous des plans de site.

Nous allons examiner successivement les procédés pratiques qu'on peut employer pour défilér un ouvrage ouvert, dans les deux cas principaux qui ont été traités, deuxième partie, n<sup>o</sup> 20 et suivans. Ces procédés sont applicables à tous les ouvrages.

41. 1<sup>er</sup> cas. Soit, pl. III, fig. 17, ABCDE le tracé d'une lunette; il faut d'abord déterminer le re-

---

(1) On suppose, en adoptant cette limite, qu'un homme à cheval peut tirer un coup de fusil à la hauteur de 2<sup>m</sup>,30.

lieu des points projetés en A et E, de manière que, dans le plan vertical, dont la trace est la ligne AE prolongée, le point A masque le point E, aux vues de revers de l'espace extérieur, et réciproquement. Cette opération est indiquée, pl. II, fig. 12 : *as* et *et* sont les hauteurs des points A et E dans le plan de défilement, *as'* et *et'* les hauteurs des mêmes points dans le plan de site. On fait usage des unes ou des autres, suivant que l'on veut déterminer le plan de défilement ou le plan de site.

Lorsque la ligne de site est peu élevée au-dessus du terrain, l'observateur est obligé de se courber; souvent les rayons visuels sont interceptés par les objets qui se trouvent à la surface du terrain. Pour éviter cet inconvénient, dans la détermination du plan de site, on relève d'une égale quantité la ligne de site et les points dominans; il suffit de tenir compte de ce relèvement dans la suite des opérations.

On peut procéder à la détermination du plan de site, ou de défilement, de trois manières.

42. 1° *Au moyen de petits cordeaux.* Soient, pl. III, fig. 17, AE la trace du plan vertical passant par la gorge, *mn* la trace d'un plan parallèle au premier et passant en arrière de la gorge; on plantera deux jalons aux points projetés en *m* et *n*. Supposons qu'on rabatte les deux plans verticaux autour de leurs traces; et soient *as* et *et* les hauteurs de la crête aux points A et E. On tend un

cordeau du point  $s$  au point  $t$ , ou du point  $x$  au point  $y$  si les points  $s$  et  $t$  sont un peu éloignés l'un de l'autre ; soient  $Ff$  et  $Hh$  les jalons plantés aux points projetés en  $m$  et  $n$ , on tend entre ces jalons un autre cordeau  $fh$ , et on le fait mouvoir le long des jalons, parallèlement au premier, jusqu'à ce que l'on trouve une position dans laquelle le plan déterminé par les deux cordeaux laisse, au-dessous de lui, tous les points de l'espace extérieur. Le plan qui satisfait à cette condition est le plan de défilement. On détermine les hauteurs auxquelles il coupe les lattes appartenant aux cinq points  $A, B, C, D, E$  du tracé, et on scie les lattes à ces hauteurs (n° 40).

Si, pour exécuter l'opération qui vient d'être décrite, il fallait tendre les cordeaux à une trop grande hauteur, on déterminerait le plan de site, à l'aide du cordeau  $s't'$ , tendu à 2 mètres au-dessous du cordeau  $st$ .

43. 2° *Au moyen d'un triangle def*, pl. III, fig. 18, construit avec des lattes d'un mètre de longueur environ. On établit le côté  $de$  sur la ligne  $st$  de la fig. 17 ; et l'on fait tourner autour de ce côté le triangle, jusqu'à ce que le plan déterminé par les faces supérieures ou inférieures des lattes laisse au-dessous de lui les têtes de tous les jalons qui ont été plantés aux points dominans.

Il faut assembler les trois lattes de manière que le dessus et le dessous présentent deux plans exac-

tement parallèles. On peut bornoyer (1), suivant l'un ou l'autre de ces plans, ou suivant tous les deux à la fois. On fait mouvoir le triangle, soit à la main, soit à l'aide de ficelles, le long de trois jalons placés aux trois angles. En employant le dernier moyen, on opère avec plus de précision.

Si l'on n'avait le relief que du point de l'ouvrage projeté en O, on établirait le sommet  $f$  du triangle sur la verticale de ce point, à la hauteur déterminée. Si le relief d'aucun point de l'ouvrage n'était positivement fixé, on établirait le sommet  $f$  du triangle sur la verticale d'un point quelconque  $z$ .

44. 3° *Au moyen de jalons.* Soient, pl. III, fig. 19, M, M', M'' les projections des points dominans, O, O', O'' les projections de points situés en arrière de la gorge, sur l'alignement des points projetés en M, M', M'', et du saillant C. Un observateur se place en l'un de ces points, au point projeté en O, par exemple. Un aide marche, avec un jalon, sur la direction EA, et s'arrête au point projeté en P, où se coupent les traces des deux plans verticaux passant par les lignes EA, OM; il élève ensuite la tête de son jalon jusqu'à ce qu'elle se trouve dans la direction de  $ts$ , pl. III, fig. 17; ce qu'annonce un autre observateur,

---

(1) On peut employer, pour le même objet, deux bouts de ficelle tendus dans un même plan, sur un triangle formé avec des lattes non dégauchies.

placé au point projeté en E. Celui qui est placé au point projeté en O, imagine un rayon visuel par la tête du jalon du point projeté en P, et par la tête du jalon du point projeté en M; puis il fait marquer sur la perche, placée au saillant, le point où elle est coupée par le rayon.

En répétant cette opération, on obtiendra un plan de défilement pour chacun des points dominans projetés en M, M', M''. Parmi ces plans, on choisit celui qui passe à la plus grande hauteur au-dessus du saillant. On détermine les hauteurs des points projetés en B et D, qui sont situés dans ce plan. Ces hauteurs et celle du point projeté en C doivent être moindres de 3<sup>m</sup>,50.

45. II<sup>e</sup> CAS. Soient, pl. III, fig. 20, M, M', M'', M''', les projections des points dominans dont la position et la hauteur sont telles qu'on ne peut pas mettre les cinq points de la crête projetés en A, B, C, D, E, dans un même plan de défilement. Soit CF la projection de la crête de la traverse qui est nécessaire. L'ouvrage sera divisé en deux parties ABCF et FCDE, dont chacune aura son plan de défilement particulier, que l'on déterminera en employant ou les cordeaux parallèles, ou le triangle, ou les jalons, selon les moyens que l'on aura à sa disposition, et selon les données du problème n<sup>os</sup> 23, 25, 27 et 28.

Quant à la traverse, soit *h* la projection d'un point de sa crête dont on veut connaître le relief. On déterminera sur l'alignement des points

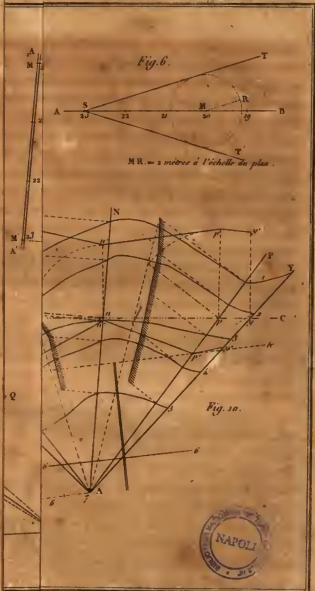


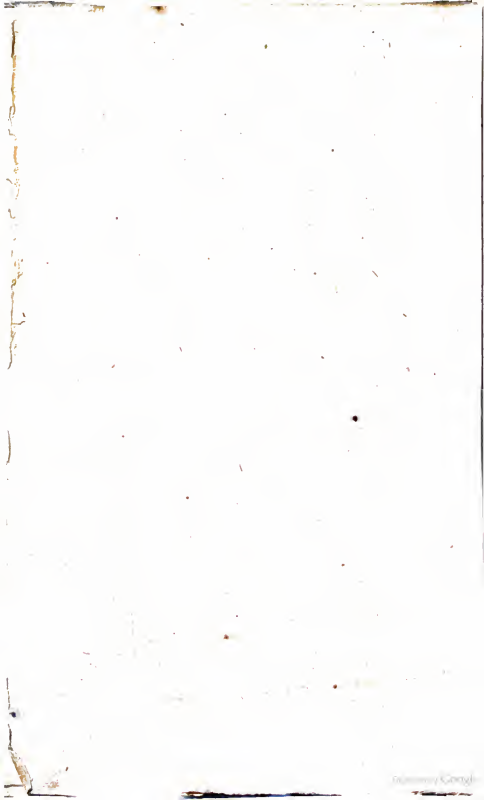
projetés en  $M$ ,  $M'$ ,  $M''$ ,  $M'''$ , et du point projeté en  $h$ , les points projetés en  $P$ ,  $P'$ ,  $P''$ ,  $P'''$ , sur le tracé de la projection de la crête. Un aide se placera au point projeté en  $h$ , avec une perche; on élèvera aux points projetés en  $P$ ,  $P'$ , des jalons, jusqu'à ce que leurs têtes dépassent de 0<sup>m</sup>50 la hauteur de la crête en ces points; on élèvera semblablement des jalons aux points projetés en  $P''$ ,  $P'''$ , jusqu'à ce que leurs têtes dépassent de 0<sup>m</sup>50 la hauteur de la crête en ces points. Un observateur se transportera successivement aux points projetés en  $O$ ,  $O'$ ,  $O''$ ,  $O'''$ , sur l'alignement des points dominans et du point projeté en  $h$ , et fera passer des rayons visuels par les têtes des jalons des points projetés en  $P$ ,  $P'$ ,  $P''$  et  $P'''$ ,  $M$ ,  $M'$ ,  $M''$  et  $M'''$ . L'aide marquera les quatre hauteurs où son jalon est coupé par les quatre rayons visuels; la plus grande est celle que doit avoir le point de la traverse projeté en  $h$ . On opérera de la même manière pour avoir la hauteur de la traverse au point projeté en  $h'$ .

Il nous paraît inutile d'entrer dans le détail des opérations qu'il serait nécessaire d'exécuter sur le terrain pour déterminer la position de la traverse, par la condition que la crête se trouvât à l'intersection des plans de défilement à revers. Il nous suffira de dire que ce problème exige deux observateurs qui opèrent simultanément : l'un aux points projetés en  $O$  et  $O'$ ; l'autre aux points projetés en  $O''$  et  $O'''$ .

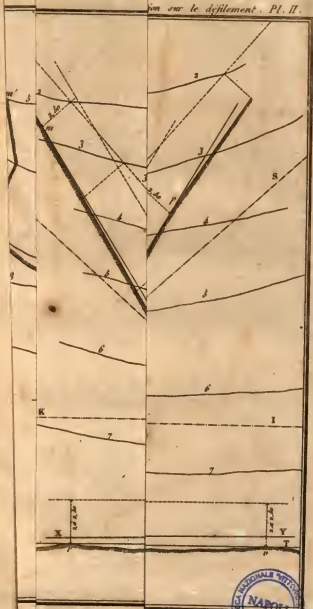
46. Nous avons supposé, dans tout ce qui précède, qu'on déterminait les plans de défilement ; mais on trouvera , en général , plus de facilités pour déterminer les plans de site. On ne sera pas obligé de planter des jalons aux points dominans, ni de s'élever , à l'aide de petites échelles , pour bornoyer.

---





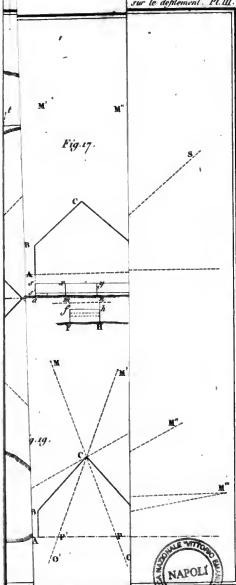
ion sur le défilé. Pl. II.



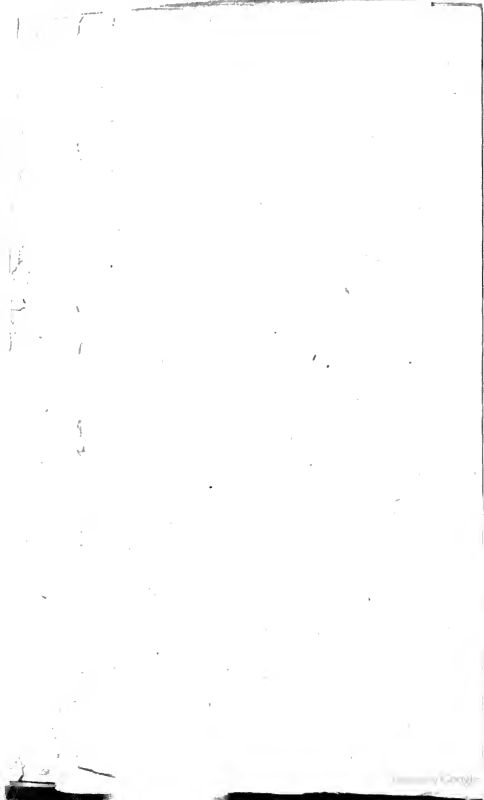


sur le défilement. Pl. III.

Fig. 17.



586077







*Legatoria d'Arte*

**NIOLA**

Via G. Poldino, 19 - N

